

Cálculos da Cinética da descoloração do Corante Reativo Preto B pelo método de Fotocatálise Heterogênea

DT 2 – Meio ambiente, sustentabilidade e sociedade

Autores: Fernando Manzotti de. SOUZA¹; Gabrielle Torres. CHAVES²; Guilherme Correia. SILVA³; Kauã de Freitas da. DALT⁴; Laísa Feustel. BUDINHESKI⁵; Luana Camile. HORNBURG⁶.

Resumo:

O estudo avaliou a eficiência da fotocatalise heterogênea na descoloração do corante Reativo Preto B, determinando a ordem e a constante de velocidade da reação. Os experimentos foram realizados em um reator de 1000 mL com agitação magnética e lâmpada de vapor de mercúrio de 125 W, utilizando ZnO como catalisador em diferentes massas (25 mg, 50 mg e 100 mg). A concentração do corante foi monitorada por espectrofotometria a 575 nm, e os dados foram ajustados aos modelos cinéticos de primeira e segunda ordem. Os resultados indicaram que a descoloração seguiu uma cinética de primeira ordem, com o R^2 próximo de 0,99, e que o tratamento térmico do catalisador aumentou a eficiência do processo. Assim, conclui-se que a fotocatalise heterogênea com ZnO é uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes têxteis, integrando ensino, pesquisa e extensão em uma aplicação ambiental prática.

Palavras-chave: Fotocatálise Heterogênea; Corante Reativo Preto B; Cinética de Descoloração; Catalisador.

Introdução

A indústria têxtil é uma das principais geradoras de efluentes com alto impacto ambiental, devido à presença de compostos tóxicos, coloração intensa, variações de pH e sólidos em suspensão, que podem causar contaminação se não tratados adequadamente (Pajootan *et al.*, 2012 *apud* Nunes, 2019). A alta solubilidade e baixa degradabilidade dos corantes os tornam os poluentes muito preocupantes (Marinho; Peixoto; Rodrigues, 2013).

Diante disso, estudou-se a descoloração do corante Reativo Preto B (RPB) por fotocatalise heterogênea, avaliando a eficiência do processo e os fatores que influenciam seu desempenho. O ajuste cinético permite descrever a velocidade das reações e compreender os fatores que influenciam em sua eficiência, servindo de base para modelagem e ampliação do processo (Zhan *et al.*, 2020; Fu *et al.*, 2020).

¹ Servidor do curso técnico em química da Instituição Federal de Santa Catarina - Centro, fernando.manzotti@ifsc.edu.br.

² Estudante do curso técnico em química da Instituição Federal de Santa Catarina - Centro, gabrielle.t08@aluno.ifsc.edu.br.

³ Estudante do curso técnico em química da Instituição Federal de Santa Catarina - Centro, guilherme.s@aluno.ifsc.edu.br.

⁴ Estudante do curso técnico em química da Instituição Federal de Santa Catarina - Centro, kaua.f25@aluno.ifsc.edu.br.

⁵ Estudante do curso técnico em química da Instituição Federal de Santa Catarina - Centro, laisa.f2006@aluno.ifsc.edu.br.

⁶ Estudante do curso técnico em química da Instituição Federal de Santa Catarina - Centro, luana.ch2006@aluno.ifsc.edu.br.

Nesse sentido, o trabalho tem como objetivo estudar o ajuste cinético da descoloração do corante RPB pelo processo de fotocatalise heterogênea, determinando a ordem e a constante de velocidade da reação. O estudo também integra ensino, pesquisa e extensão, evidenciando o princípio da indissociabilidade ao unir a formação prática dos estudantes em técnicas laboratoriais com a investigação científica e a aplicação dos resultados em situações reais de tratamento de efluentes.

Fundamentação teórica

O corante RPB, é amplamente utilizado pelas indústrias têxteis, destaca-se pela sua toxicidade e persistência ambiental (Pinheiro, 2011). Diante desse cenário, o desenvolvimento de tecnologias eficazes para o tratamento desses efluentes torna-se fundamental. Entre as diversas alternativas, os processos oxidativos avançados (POAs), como a fotocatalise heterogênea, têm se mostrado promissores.

A fotocatalise heterogênea utiliza semicondutores como o ZnO, por sua não toxicidade, e luz como fonte de energia para promover a descoloração de compostos orgânicos, convertendo-os em substâncias menos nocivas. Serão avaliados os efeitos do tratamento térmico e da massa do catalisador sobre a eficiência do processo (Barbosa, 2024).

A modelagem cinética é fundamental para analisar reações químicas, como a descoloração de corantes, utilizando equações matemáticas para descrever a variação da concentração dos reagentes ao longo do tempo. Seu objetivo é identificar o modelo que melhor se ajusta aos dados experimentais, possibilitando determinar a ordem e a constante de velocidade da reação, além de compreender a velocidade do processo e os fenômenos de transferência de massa envolvidos (Ramos, 2022).

Procedimentos metodológicos

Os experimentos foram realizados em um reator em batelada de 1000 mL, com agitação magnética para garantir a uniformidade da mistura. A radiação UV necessária foi fornecida por uma lâmpada de vapor de mercúrio de 125 W, e a unidade de reação foi isolada em uma caixa de aço revestida com folha de alumínio para evitar a dissipação da radiação.

A quantificação do corante RPB foi feita por espectrofotometria, determinando-se inicialmente o comprimento de onda de máxima absorção em 575,0 nm, com absorvância de 0,411 para uma concentração de 15 mg/L. Em seguida, soluções de concentrações

conhecidas foram analisadas para construir a curva de calibração, que relaciona a concentração do analito (x) e a absorbância (y), conforme mostrado na equação 1.

$$0,026 * x + 8,57E^{-03} R^2 = 0,998 \text{ (eq. 1)}$$

Foi fornecido um coeficiente angular 0,026 que atesta a sensibilidade do instrumento, e um coeficiente linear de $8,57 \times 10^{-3}$ que reflete a absorbância de fundo da solução.

Com a curva de calibração, é possível determinar as concentrações das amostras a partir da absorbância e da equação obtida. As concentrações em cada tempo são aplicadas nas fórmulas de cinética de primeira e segunda ordem, verificando qual apresenta o R^2 mais próximo de 1. Os testes foram realizados por fotocatalise heterogênea, utilizando solução inicial de 500 mg/L de corante e diferentes massas de catalisador ZnO (25 mg, 50 mg e 100 mg).

Resultados e discussões

O ajuste cinético consiste na aplicação de modelos matemáticos para avaliar a ordem e a velocidade de uma reação, além de compreender o processo de transferência de massa. O objetivo principal desses modelos é obter uma equação quantitativa que melhor represente os dados experimentais, ou seja, a variação da concentração do corante ao longo do tempo. Após identificar o modelo mais adequado, é possível determinar parâmetros como a ordem e a constante de velocidade da reação (Ramos, 2022). Com base nisso, foram analisadas diferentes cinéticas de reação para o processo de descoloração, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Ajustes cinéticos

		0,025 g	0,10 g	Calcinado	Não calcinado
Cinética de 1ª ordem	K (min ⁻¹)	0,03	0,077	0,04	0,05
	R ²	0,98	0,99	0,98	0,99
Cinética de 2ª ordem	K (m ³ /mol.min)	0,19	0,4	0,27	0,4

R ²	0,95	0,95	0,95	0,94
----------------	------	------	------	------

Fonte: Autores (2025).

Ao analisar os ajustes cinéticos para todos os ensaios experimentais da descoloração do corante RPB, observa-se que o maior coeficiente de correlação “R²” está no modelo de cinética de primeira ordem para todos os dados experimentais. Isso significa que a velocidade da reação depende diretamente da concentração do corante. Além disso, nota-se que a calcinação do catalisador não alterou significativamente os parâmetros cinéticos. Já o aumento da massa do catalisador resultou em constantes de velocidade maiores, o que indica uma maior taxa inicial de descoloração.

Conforme supracitado, Yang *et al.* (2003, *Apud* Julson *et al.*, 2006) obtiveram resultados similares para a descoloração do corante azul ácido 9 (AB9) em que o modelo de primeira ordem também foi o mais preditivo. Esses resultados corroboram também com o mecanismo de descoloração de corantes azo, no qual a cinética de primeira ordem foi a de melhor ajuste (Tanaka *et al.* 2003, *Apud* Julson *et al.*, 2006).

Considerações finais

Este estudo investigou a cinética e a viabilidade de uma reação de descoloração de um corante pelo método fotocatalítico heterogêneo utilizando óxido de zinco (ZnO) como catalisador. A análise cinética dos dados experimentais foi um ponto central deste trabalho, e os resultados indicaram de forma consistente que a reação de descoloração do RPB segue um modelo de cinética de primeira ordem, já que obtivemos altos coeficientes de correlação (R²) próximos a 0,99. Isso sugere que a velocidade da reação é diretamente proporcional à concentração do corante, um parâmetro fundamental para o dimensionamento e a otimização de reatores em escala industrial.

A atividade fortaleceu a formação profissional dos estudantes ao integrar teoria e prática, desenvolvendo habilidades em interpretação de dados, uso de instrumentos e trabalho em equipe, e apesar de desafios experimentais, os resultados foram satisfatórios e alinhados à literatura, evidenciando o sucesso na aplicação do aprendizado a um problema ambiental.

Referências

BARBOSA, João Hampshire Olsson. Remoção do corante Rodamina B em efluente sintético por fotocatalise heterogênea com ZnO e Nd/Zn. Mestrado em Engenharia Química - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.bdttd.uerj.br:8443/handle/1/22784>. Acesso em: 14 abr. 2025.

FU, Ming *et al.* Application of Kinetic Models and Response Surface Methodology to Decolorization of Congo Red Dye with Biopolymer B6. **Journal of Water Chemistry and Technology**, v. 42, n. 3, p. 211–217, maio 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.3103/S1063455X2003008X>. Acesso em: 12 out. 2025.

JULSON, Alison J.; OLLIS, David F.. Kinetics of dye decolorization in an air–solid system. **Applied Catalysis B: Environmental**, [S.L.], v. 65, n. 3-4, p. 315-325, jun. 2006. Elsevier BV. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389407003561>. Acesso em: 23 mai. 2025.

MARINHO, Gloria; PEIXOTO, Fabia Pinho; RODRIGUES, Kelly. CORANTES TÊXTEIS: UMA REVISÃO. **HOLOS**, [S. l.], v. 5, p. 98–106, 2013. DOI: 10.15628/holos.2013.1239. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1239>. Acesso em: 9 maio. 2024.

MARTINS, Leonardo Madeira. **Estudo da aplicação de processos oxidativos avançados no tratamento de efluentes têxteis visando seu reuso**. Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente-Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2011. Disponível em: *DISSERTACAO-LEONARDO-MADEIRA.pdf (embrapa.br). Acesso em: 15 abr. 2024.

NUNES, Giovanna Ribeiro. **Geração de efluentes da indústria têxtil**. 2019. Monografia (graduação) - Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/30898>. Acesso em: 09 maio. 2024.

PINHEIRO, Alessandro de Sá. **Avaliação da toxicidade e genotoxicidade dos corantes azo reativos Remazol Preto B e Remazol Alaranjado 3R e da eficácia da radiação com feixe de elétrons na redução da cor e efeitos tóxicos**. 2011. 139 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia Nuclear - Aplicações, Universidade de São Paulo, São Paulo (Cidade), 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-02032012-135231/en.php>. Acesso em: 31 mar. 2024.

RAMOS, J. G. S. (2022). **Estudo da degradação de mistura de corantes têxteis por processos oxidativos avançados**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química), Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/58477/4/TCC%20-%20J%C3%B4ley%20Ramos.pdf>. Acesso em: 17 set. 2024.

ZHAN, Xiang. *et al.* Investigation of the reaction kinetics of photocatalytic pollutant degradation under defined conditions with inkjet-printed TiO₂ films – from batch to a novel continuous-flow microreactor. **Reaction Chemistry & Engineering**, v. 5, n. 9, p. 1658–1670, 1 jan. 2020. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/re/d0re00238k>. Acesso em: 12 out. 2025.